

(19) Japanese Patent Office (JP)

(12) Patent Publication (A)

(11) Patent Application Laid-Open No. 2000-31902 (P2000-31902A)

(43) Date of Laid-Open: January 28, 2000

(51) Int. Cl.⁷: H04B 10/02; H04B 10/18; H04B 10/17; H04B 10/16;

H04B 10/14; H04B 9/00

Identification No.: FI

(21) Patent application No. Heisei 10(1998)-194379

(22) Filed: July 9, 1998

(71) Applicant: 000001214

KDD Corporation,

3-2, Nishishinjuku 2-chome, Shinjuku-ku,

Tokyo, Japan

(72) Inventor: Itsuro Morita

c/o Kokusai Denshin Denwa Kabushiki Kaisha,

3-2, Nishishinjuku 2-chome, Shinjuku-ku, Tokyo

(72) Inventor: Keiji Tanaka

c/o Kokusai Denshin Denwa Kabushiki Kaisha,

3-2, Nishishinjuku 2-chome, Shinjuku-ku, Tokyo

(74) Patent Attorney: 100090284 Tsuneo Tanaka

(54) Title of the invention: OPTICAL TRANSMISSION LINE AND
OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM

(57) Abstract

[PROBLEM TO BE SOLVED] To transmit a signal whose transmission rate is as high as more than 40 Gbit/s over an ultra-long distance of 6000 km or over.

[SOLUTION] An optical transmitter 10 outputs a signal light with an optical pulse width of 8 ps consisting of optical soliton

with a transmission rate of 40 Gbit/s to an optical transmission line 12 where many transmission optical fibers 14 are connected in series respectively through optical amplifiers and dispersion compensation fibers 18 are inserted at a proper interval. The dispersion compensation fiber 18 is an element that reduces accumulated wavelength dispersion by the transmission optical fibers 14 to almost nullify it. The signal light sent through the optical transmission line 12 is given to an optical receiver 20 where the signal is reception-processed. The wavelength dispersion of the transmission optical fiber 14 causes a wavelength dispersion of 0.23 ps/nm/km or over at a signal wavelength of 1552.8 nm. The dispersion compensation by the dispersion compensation fiber 18 is 10 ps/nm-40 ps/nm.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-31902

(P2000-31902A)

(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	M 5 K 0 0 2
10/18			J
10/17			Q
10/16			
10/14			

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-194379

(22) 出願日 平成10年7月9日 (1998.7.9)

(71) 出願人 000001214

ケイディディ株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72) 発明者 森田 逸郎

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信電話株式会社内

(72) 発明者 田中 啓仁

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号国際電信電話株式会社内

(74) 代理人 100090284

弁理士 田中 常雄

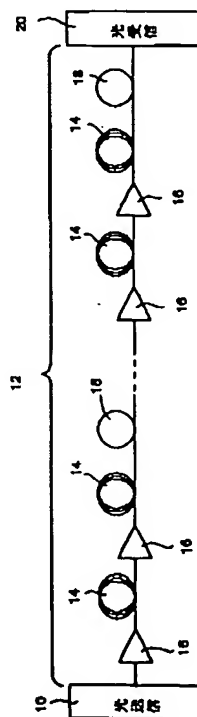
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送路及び光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 40 Gbit/s以上で6000 km以上を達成する。

【解決手段】 光送信装置10は、光パルス幅8 psの光ソリトンによる40 Gbit/sの信号光を光伝送路12に出力する。光伝送路12では、多数の伝送用光ファイバ14が光増幅器16によりシリアル接続し、適宜の間隔で分散補償ファイバ18が挿入されている。分散補償ファイバ18は、伝送用光ファイバ14による累積波長分散を波長分散値0付近に削減する素子である。光伝送路12を伝送した信号光は光受信装置20に入力し、ここで受信処理される。伝送用光14は、その波長分散が信号波長(1552.8 nm)で0.23 ps/nm/km以上である。分散補償ファイバ18の分散補償量は、10 ps/nm乃至40 ps/nmである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 40 Gbit/s以上の信号光を送送する光伝送路であって、

複数の伝送用光ファイバと、

当該信号光を増幅する1以上の光増幅手段と、

適当な間隔で設置され、当該信号光の累積波長分散を補償する分散補償媒質とからなり、当該分散補償媒質の波長分散補償量の絶対値が10 ps/nmから40 ps/nmの範囲にあることを特徴とする光伝送路。

【請求項2】 当該伝送用光ファイバの波長分散値の絶対値が0.23 ps/nm/km以上である請求項1に記載の光伝送路。

【請求項3】 当該分散補償媒質は、当該信号光の累積波長分散をゼロ近傍に補償する請求項1に記載の光伝送路。

【請求項4】 当該信号光が、リターンゼロ光パルスからなる請求項1に記載の光伝送路。

【請求項5】 当該伝送用光ファイバは、波長に対して一定の波長分散値を具備する請求項1に記載の光伝送路。

【請求項6】 当該分散補償媒質は、当該伝送用光ファイバの累積波長分散の波長による差異をキャンセルする分散スローブ特性を具備する請求項1に記載の光伝送路。

【請求項7】 40 Gbit/s以上の信号光を送送する光伝送路であって、

複数の伝送用光ファイバと、

当該信号光を増幅する1以上の光増幅手段と、

適当な間隔で設置され、当該信号光の累積波長分散を補償する分散補償媒質とからなり、当該伝送用光ファイバの波長分散値の絶対値が0.23 ps/nm/km以上であることを特徴とする光伝送路。

【請求項8】 当該分散補償媒質は、当該信号光の累積波長分散をゼロ近傍に補償する請求項7に記載の光伝送路。

【請求項9】 当該信号光が、リターンゼロ光パルスからなる請求項7に記載の光伝送路。

【請求項10】 当該伝送用光ファイバは、波長に対して一定の波長分散値を具備する請求項7に記載の光伝送路。

【請求項11】 当該分散補償媒質は、当該伝送用光ファイバの累積波長分散の波長による差異をキャンセルする分散スローブ特性を具備する請求項7に記載の光伝送路。

【請求項12】 40 Gbit/s以上の信号光を出力する光送信装置と、当該信号光を受信する光受信装置と、当該光送信装置から当該光受信装置に当該信号光を送送する光伝送路とからなる光伝送システムであって、当該光伝送路が、
複数の伝送用光ファイバと、

当該信号光を増幅する1以上の光増幅手段と、

適当な間隔で設置され、当該信号光の累積波長分散を補償する分散補償媒質とからなり、当該分散補償媒質の波長分散補償量の絶対値が10 ps/nmから40 ps/nmの範囲にあることを特徴とする光伝送システム。

【請求項13】 当該伝送用光ファイバの波長分散値の絶対値が0.23 ps/nm/km以上である請求項12に記載の光伝送システム。

【請求項14】 当該分散補償媒質は、当該信号光の累積波長分散をゼロ近傍に補償する請求項12に記載の光伝送システム。

【請求項15】 当該信号光が、リターンゼロ光パルスからなる請求項12に記載の光伝送システム。

【請求項16】 当該伝送用光ファイバは、波長に対して一定の波長分散値を具備する請求項12に記載の光伝送システム。

【請求項17】 当該分散補償媒質は、当該伝送用光ファイバの累積波長分散の波長による差異をキャンセルする分散スローブ特性を具備する請求項12に記載の光伝送システム。

【請求項18】 40 Gbit/s以上の信号光を出力する光送信装置と、当該信号光を受信する光受信装置と、当該光送信装置から当該光受信装置に当該信号光を送送する光伝送路とからなる光伝送システムであって、当該光伝送路が、

複数の伝送用光ファイバと、

当該信号光を増幅する1以上の光増幅手段と、

適当な間隔で設置され、当該信号光の累積波長分散を補償する分散補償媒質とからなり、当該伝送用光ファイバの波長分散値の絶対値が0.23 ps/nm/km以上であることを特徴とする光伝送システム。

【請求項19】 当該分散補償媒質は、当該信号光の累積波長分散をゼロ近傍に補償する請求項18に記載の光伝送システム。

【請求項20】 当該信号光が、リターンゼロ光パルスからなる請求項18に記載の光伝送システム。

【請求項21】 当該伝送用光ファイバは、波長に対して一定の波長分散値を具備する請求項18に記載の光伝送システム。

【請求項22】 当該分散補償媒質は、当該伝送用光ファイバの累積波長分散の波長による差異をキャンセルする分散スローブ特性を具備する請求項18に記載の光伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光伝送路及び光伝送システムに関し、より具体的には、信号光の累積波長分散を補償する分散補償媒質を具備する光伝送路及びその光伝送路を使用する光伝送システムに関する。

【0002】

【従来の技術】伝送速度が40 Gbit/s以上の高速光信号を、大平洋を横断するほどに長い距離伝送する長距離光伝送システムでは、タイミングジッタの許容値が非常に小さく、これを抑制する伝送制御技術が重要である。

【0003】タイミング・ジッタを抑制する方法として、伝送信号光に同期して動作する光変調器を2R(Retiming及びReshaping)中継器として伝送路に所定の間隔で挿入し、伝送信号光を時間軸上で再生(リタイミング及びリシェーピング)する方法が知られている。しかし、この方法は、高速光変調器及びその駆動回路を光中継器に含むので、超高速化への対応は困難である。更には、高信頼性の要求される海底ケーブル等への適用は困難である。

【0004】別の方法として、スライディング・ガイドイング・フィルタ法が知られている。この方法では、光伝送路中に光フィルタを挿入し、ランダム周波数シフトを周波数領域で制御する。この方法で伝送特性を大幅に改善するには、非常に狭い帯域幅を有する光バンドパスフィルタの中心周波数を距離と共に僅かにスライドさせる必要がある。しかし、現在の技術レベル実際の光伝送システムの温度変化などの環境変化を考慮すると、狭帯域光フィルタの精密制御は実際の光伝送システムではほぼ不可能と予想される。光伝送システムの長期的な信頼性などの実用的観点からも、適した方法ではない。更には、この方法を用いた40 Gbit/s光伝送の報告例では、伝送距離は4000 km程度に制限されており、距離的に不十分である。

【0005】更に、伝送用光ファイバの累積波長分散値に応じて所要の間隔で分散補償媒質を挿入し、伝送系の平均波長分散値を零近傍とすることで、タイミングジッタを抑圧する方法も報告されている。この方法は、伝送路中で複雑な制御を行うこと無しにタイミングジッタを抑圧できるが、40 Gbit/s以上の高速信号の長距離伝送を目的とした伝送用光ファイバの波長分散値、及び分散補償媒質の分散補償量に関する詳細な検討は行われていない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】このように、40 Gbit/s以上の高速信号を6000 km以上にわたる超長距離伝送させる場合に、タイミング・ジッタを抑制できる好ましい構成がいまだ提案されていない。

【0007】本発明は、このように高速信号の超長距離伝送でタイミング・ジッタを効果的に抑制できる光伝送路及び光伝送システムを提示することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明では、光伝送路が、複数の伝送用光ファイバと、当該信号光を増幅する1以上の光増幅手段と、適当な間隔で設置され、当該信号光の累積波長分散を補償する分散補償媒質とからな

り、当該分散補償媒質の波長分散補償量の絶対値が10 ps/nmから40 ps/nmの範囲にあるか、及び/又は、伝送用光ファイバの波長分散値の絶対値を0.23 ps/nm/km以上とする。

【0009】分散補償媒質の波長分散補償量及び/又は伝送用光ファイバの波長分散値のをこのように規定することで、40 Gbit/s以上の信号光を6000 km以上の長距離にわたり伝送することが可能になる。

【0010】分散補償媒質は、信号光の累積波長分散を必ずしもゼロに補償する必要はなく、ゼロ近傍に補償すればよい。それでも、初期の目的を達成できる。分散補償媒質の分散補償量の制限が緩くても良いので、実際の伝送路設計及び敷設が容易になる。

【0011】信号光は、リターンゼロ光パルス、即ち、RZ光パルス又はソリトン・パルスからなる。

【0012】伝送用光ファイバが波長に対して一定の波長分散値を具備することにより、波長分割多重伝送システムで、各波長の累積波長分散の補償設計が容易になり、単一波長伝送システムの場合と同様にタイミング・ジッタを抑圧でき、同様の伝送特性を実現できる。

【0013】分散補償媒質が伝送用光ファイバの累積波長分散の波長による差異をキャンセルする分散スロープ特性を具備することで、波長分割多重伝送システムでも各波長の累積波長分散を補償しやすくなり、単一波長伝送システムの場合と同様にタイミング・ジッタを抑圧でき、同様の伝送特性を実現できる。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。

【0015】図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図を示す。光送信装置10は、光パルス幅8 psの光ソリトンによる40 Gbit/sの信号光を光伝送路12に出力する。実際には、光パルス幅8 psの光ソリトン・パルスを10 Gbit/sでデータ変調(PN15段)し、2段階で光時間軸多重により40 Gbit/sの信号光を生成した。伝送特性を向上させるための位相変調と、光中継器の偏波ホールバーニングを抑制するための偏波スクランブルが施されている。

【0016】光伝送路12では、多数の伝送用光ファイバ(分散シフトファイバ)14が光増幅器16によりシリアル接続し、適宜の間隔で分散補償ファイバ18が挿入されている。分散補償ファイバ18は、伝送用光ファイバ14による累積波長分散を波長分散値0付近に削減する素子である。

【0017】光送信装置10から出力された信号光は、光増幅器16により光増幅され、伝送用光ファイバ14及び分散補償ファイバ18で減衰する。光送信装置10から出力された信号光はまた、伝送用光ファイバ14では波長分散が累積し、その累積波長分散が分散補償ファイバ18によりゼロ近辺にまで削減される。信号光は、

このような減衰と増幅及び波長分散の累積と補償を繰り返して光伝送路12を伝搬し、光受信装置20に入力する。光受信装置20は、入力した信号光からデータを復元する。

【0018】詳細は後述するが、本実施例では、伝送用光ファイバ14は、その長さが35km、波長分散は信号波長(1552.8nm)で0.23ps/nm/km以上である。分散補償ファイバ18の分散補償量は、10ps/nm乃至40ps/nmである。

【0019】140kmの周回伝送システムでその特性を調べた。周回伝送路の構成を図2に示す。図1と同じ構成要素には同じ符号を付してある。伝送用光ファイバ14はその長さが35kmで、その2スパン毎に分散補償ファイバ18を挿入した。光増幅器16は、980nm励起のエルビウムドープ光ファイバ増幅器からなる。図2に示すように、140kmの周回伝送系は、35kmの伝送用光ファイバ14が4スパン、分散補償ファイバ18が2スプール、980nm励起エルビウムドープ光ファイバ増幅器16が5台、更に、半値幅5nmの光バンドパスフィルタからなる。

【0020】図3は、周回伝送路の分散マップの一例を示す。横軸は距離、縦軸は累積波長分散を示す。伝送用光ファイバ14の波長分散は0.29ps/nm/kmであり、分散補償ファイバ18の分散補償量は、一方が26ps/nm、他方が11ps/nmである。2スパン毎に分散補償ファイバ18により累積波長分散を補償することで、周回伝送路の平均分散値は0.028ps/nm/kmまで低減されている。図4は、測定された符号誤り率(BER)の伝送距離依存性を示す。但し、図4で示すBERは、光時分割多重された4チャンネルの10Gbit/s信号に対する測定値の平均である。

【0021】分散補償ファイバ18として種々の波長分散のものを使用して、符号誤り率が 10^{-9} になる伝送距離を求めた。その結果を、図5に示す。横軸は、分散補償ファイバ18の分散補償量、縦軸は符号誤り率が 10^{-9} になる伝送距離を示す。このとき、伝送速度は40Gbit/s、伝送用光ファイバ14の波長分散は0.30ps/nm/kmである。これから、分散補償ファイバ18の分散補償量としては、10ps/nm乃至40ps/nmが好ましいことが分かる。勿論、伝送用光ファイバ14の波長分散が負であれば、分散補償ファイバ18の分散補償量は正になり、伝送用光ファイバ14の波長分散が正であれば、分散補償ファイバ18の分散補償量は負になる。

【0022】分散補償ファイバ18の分散補償量として上述の好ましい範囲内の中間的な値19ps/nmを採用した場合に、伝送用光ファイバ14の波長分散値としてどの程度が好ましいのかも調べた。その結果を図6に示す。横軸は、伝送用光ファイバ14の波長分散値(ps/nm/km)、縦軸は、符号誤り率が 10^{-9}

になる伝送距離を示す。図6から、伝送距離6000km以上を目指す場合には、伝送用光ファイバ14の波長分散は、0.23ps/nm/km以上であればよいことが分かる。

【0023】このように、分散補償間隔を短くすると共に、波長分散媒質の分散補償量と伝送用光ファイバの波長分散を適切に選択することで、伝送特性が向上し、伝送距離8600km以上で、 10^{-9} 以下のBERを達成できた。

【0024】上記実施例では、伝送用光ファイバ14の分散値を正、分散補償媒質(分散補償ファイバ18)の分散値を負として、伝送系全体の平均分散値を零近傍に設定しているが、伝送用光ファイバ14の分散値を負、分散補償媒質(分散補償ファイバ18)の分散値を正として、伝送系全体の平均分散値を零近傍に設定する場合にも、同様の効果が得られることは明らかである。

【0025】単一波長伝送の場合を例に説明したが、これを波長分割多重伝送システムにも適用できることは明らかである。各波長毎に、伝送用光ファイバ14と分散補償ファイバ18の条件を満たすようにシステムを設計すればよい。その場合、例えば、波長に対して一定の波長分散値を有する分散フラット・ファイバを伝送用光ファイバ14として用いることで、波長分割多重伝送システムにおける各波長の信号光に対して、単一波長伝送の場合と同様の伝送特性を達成できる。

【0026】また、伝送用光ファイバの分散スロープ(波長に対する波長分散値の変化)が有限である場合、分散補償媒質として伝送用光ファイバの累積波長分散の波長による差異をキャンセルするような分散スロープ特性を有するものを用いることで、波長分割多重伝送システムにおける各波長の累積分散補償が容易になり、単一波長伝送と同様の伝送特性を実現できる。例えば、波長分割多重信号光のチャンネル間の波長間隔が1.5nm、伝送用光ファイバの分散スロープが0.07ps/nm/nm/km、光増幅器の中継間隔が35kmの場合、最も波長分散の小さい波長(ch1)の波長分散を0.29ps/nm/kmに設定することにより、ch1とch8の中継間隔毎の累積波長分散値はそれぞれ10ps/nm及び35.7ps/nmとなり、40Gbit/sの8波長多重伝送による太平洋横断距離の伝送が可能になる。

【0027】

【発明の効果】以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、40Gbit/sというような高速の信号光を6000kmを越える長距離にわたって一定化の符号誤り率で伝送することができる。アクティブ素子を使用しないので、長期の信頼性も確保できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】 本実施例の実証する周回伝送システムの概略構成ブロック図である。

【図3】 図2に示すシステムでの分散マップである。

【図4】 図2に示す周回伝送システムでの符号誤り率特性である。

【図5】 分散補償ファイバ18の分散補償量に対する伝送距離の測定結果である。

【図6】 伝送用光ファイバ14の波長分散値に対する伝

送距離の測定結果である。

【符号の説明】

10：光送信装置

12：光伝送路

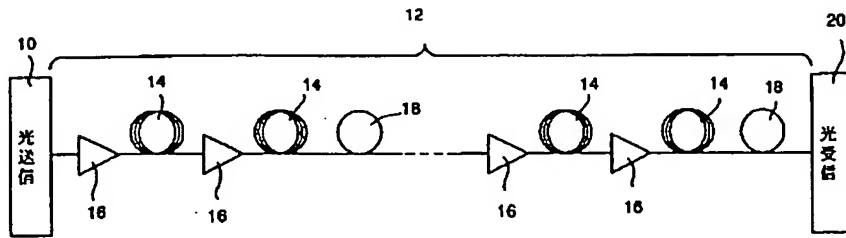
14：伝送用光ファイバ（分散シフトファイバ）

16：光増幅器

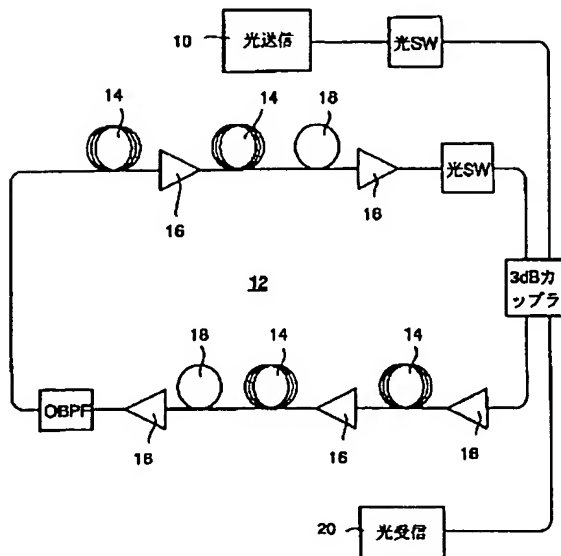
18：分散補償ファイバ

20：光受信装置

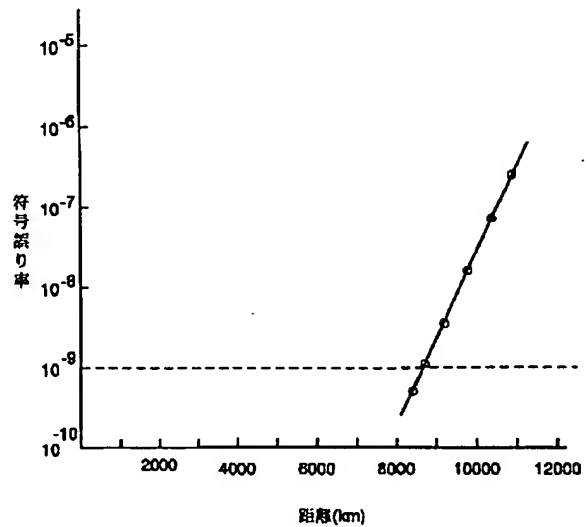
【図1】



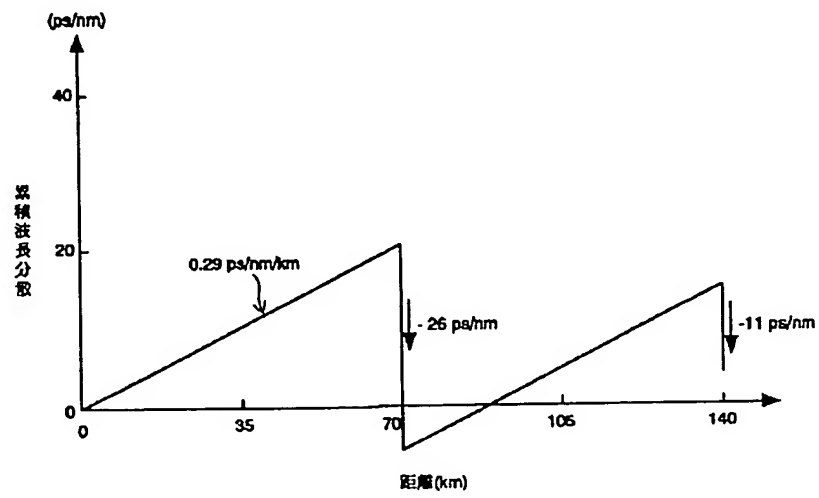
【図2】



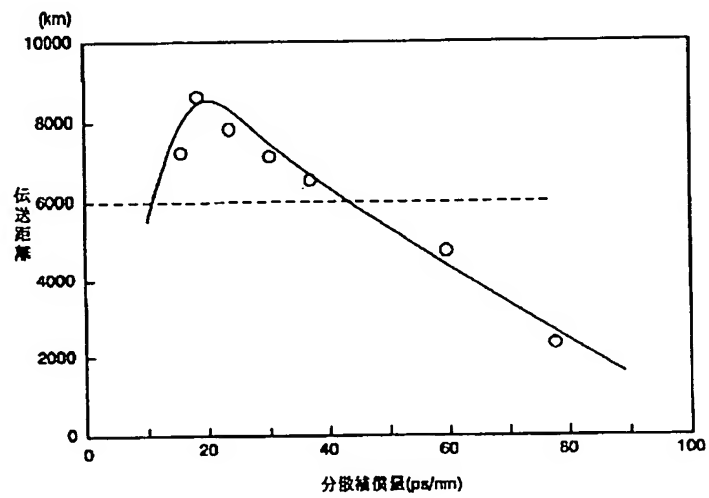
【図4】



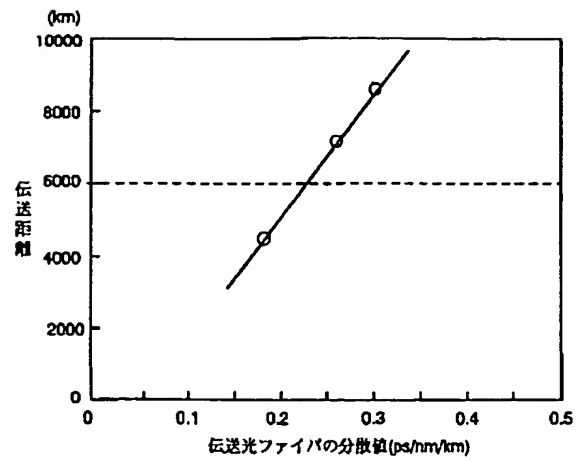
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テ-マ-ド (参考)

H 0 4 B 10/135

10/13

10/12

(72) 発明者 枝川 登

東京都新宿区西新宿 2 丁目 3 番 2 号国際電
信電話株式会社内

(72) 発明者 鈴木 正敏

東京都新宿区西新宿 2 丁目 3 番 2 号国際電
信電話株式会社内

F タ-ム (参考) 5K002 AA01 AA03 AA06 BA04 CA01

CA13 FA02 GA10